

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09283850
PUBLICATION DATE : 31-10-97

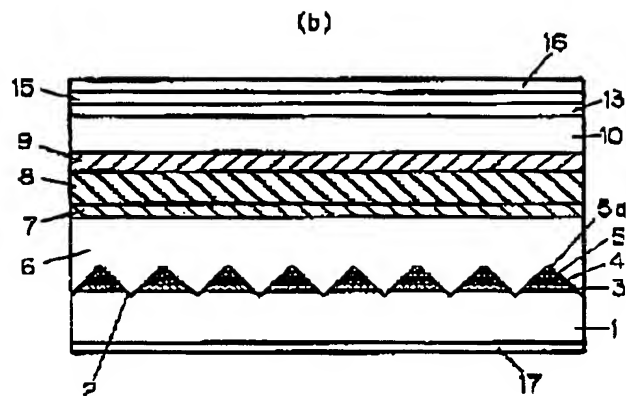
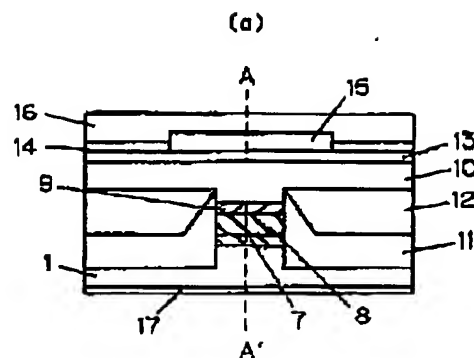
APPLICATION DATE : 11-04-96
APPLICATION NUMBER : 08089233

APPLICANT : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD;

INVENTOR : MATSUI YASUSHI;

INT.CL. : H01S 3/18 H01L 29/80

TITLE : DISTRIBUTED SEMICONDUCTOR
FEED BACK LASER DEVICE AND
MANUFACTURING METHOD
THEREOF



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gain-coupled distributed feed back laser device and a manufacturing method thereof, having a low threshold current and high emission efficiency.

SOLUTION: A multilayer structure is formed on an InP substrate 1 and contains at least an active layer 8 and an absorption layer 19 having a lower band gap energy than the energy of a laser beam. This layer 19 is periodically disposed between the active layer 8 and the substrate 1. The band gap energy of the absorption layer 19 is distributed in a direction perpendicular to the substrate 1 and decreases away from the active layer 8 to result in that the absorption hardly saturates and absorption loss is reduced.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-283850

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	
H 0 1 L 29/80		0447-4M	H 0 1 L 29/80	A

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-89233

(22) 出願日 平成8年(1996)4月11日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 鬼頭 雅弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 大塚 信之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 石野 正人

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 橋本 智之 (外1名)

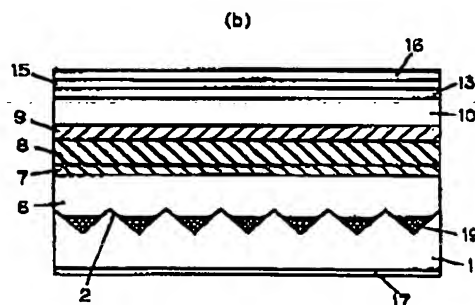
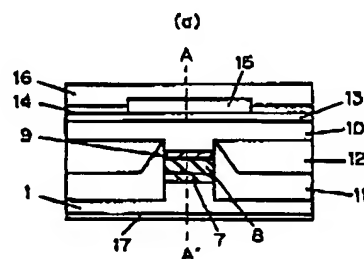
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体分布帰還型レーザ装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 しきい値電流が低く、発光効率が高い利得結合型分布帰還型レーザ装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 InP基板1上に多層構造が形成されている。多層構造は少なくとも活性層8を含んでおり、活性層8とInP基板1の間に、レーザ光のエネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する吸収層19が周期的に設けられている。吸収層19のバンドギャップエネルギーがInP基板1に対して垂直方向に分布を持ち、吸収層19のバンドギャップエネルギーが活性層側8から離れるに従い小さくすることにより、吸収飽和が生じにくく、かつ吸収損失を小さくすることが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】基板と該基板上に形成された多層構造とを備え、レーザ光を放射する半導体レーザであって、該多層構造は少なくとも活性層を含んでおり、該活性層と該 InP 基板の間に、レーザ光のエネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する吸収層が周期的に設けられており、該吸収層のバンドギャップエネルギーが該基板に対して垂直方向に分布を持ち、該吸収層のバンドギャップエネルギーが該活性層側から離れるに従い小さくなっていることを特徴とする半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 2】基板と該基板上に形成された多層構造とを備え、レーザ光を放射する半導体レーザであって、該多層構造は少なくとも活性層を含んでおり、層方向に対して該活性層を挟んで該基板と反対側に、レーザ光のエネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する吸収層が周期的に設けられており、該吸収層のバンドギャップエネルギーが該 InP 基板に対して垂直方向に分布を持ち、該吸収層のバンドギャップエネルギーが該活性層側から離れるに従い小さくなっていることを特徴とする半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 3】前記吸収層が前記基板上に形成された周期的な凹凸の凹部に設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 4】前記吸収層が前記多層構造のいずれかの層上に形成された周期的な凹凸の凹部に設けられていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 5】前記周期的吸収層の各吸収層に挟まれる形で、周期的な凹凸の凸部に屈折率補償層が周期的に形成されており、該屈折率補償層のバンドギャップエネルギーがレーザ光のエネルギーよりも大きくなるように設定されていることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 6】前記吸収層が少なくとも 2 種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体材料からなり、前記活性層側からバンドギャップエネルギーが階段状に小さくなっていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 7】前記吸収層のバンドギャップエネルギーが前記活性層側からなめらかに小さくなっていることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 8】前記吸収層が組成の異なる $\text{In}(x)\text{Ga}(1-x)\text{As}(y)\text{P}(1-y)$ から形成されていることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 9】前記吸収層が組成の異なる $\text{InAs}(y)\text{P}(1-y)$ から形成されていることを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項 10】基板上に少なくとも 2 種類の異なるバン

ドギャップエネルギーを有する半導体材料からなる吸収層をバンドギャップエネルギーが小さい層から順に結晶成長する工程と、該吸収層を周期的にエッチングする工程と、この後、該基板と同導電型の InP クラッド層、活性層、該基板と逆導電型の InP クラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項 11】基板上に少なくとも 2 種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体材料からなる吸収層をバンドギャップエネルギーが小さい層から順に結晶成長する工程と、該吸収層を周期的にエッチングする工程と、この後、該基板と同導電型の導波路層、活性層、基板と逆の導電型の InP クラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項 12】基板上に該基板と同導電型の InP クラッド層、活性層、該基板と逆導電型の InP クラッド層の結晶成長を行い更に少なくとも 2 種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体材料からなる吸収層をバンドギャップエネルギーが大きい層から順に結晶成長する工程と、該吸収層を周期的にエッチングする形成する工程と、その後該基板と逆導電型の InP クラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項 13】基板上に該基板と同導電型の InP クラッド層、活性層、該基板と逆導電型の InGaAs 導波路層の結晶成長を行い更に少なくとも 2 種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体材料からなる吸収層をバンドギャップエネルギーが大きい層から順に結晶成長する工程と、該吸収層を周期的にエッチングする形成する工程と、その後該基板と逆導電型の P クラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項 14】基板上にエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該基板上に少なくとも 2 種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体をバンドギャップエネルギーが小さい層から順に結晶成長し、該回折格子の凹部に吸収層を形成する工程と、この後、該基板と同導電型の InP クラッド層、活性層、該基板と逆導電型の InP クラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項 15】基板上にエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該 InP 基板上に少なくとも 2 種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体をバンドギャップエネルギーが小さい層から順に結晶成長し、該回折格子の凹部に吸収層を形成する工程と、この後、該基板と同導電型の InGaAsP 導波路層、活性層、該基板と逆導電型の InP クラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項16】基板上に屈折率補償層及び該基板と同導電型のInP保護層を連続して結晶成長する工程と、該InP保護層から、該基板まで、凹部が達するようにエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と該回折格子を形成した該屈折率補償層及び該InP保護層を含む該InP基板上に少なくとも2種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体をバンドギャップエネルギーが小さい層から順に結晶成長し、該回折格子の凹部に吸収層を形成する工程と、この後、該基板と同導電型のInGaAsP導波路層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項17】基板上に該基板と同導電型のInPクラッド層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を行う工程と、該基板と逆導電型のInPクラッド層上にエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該InPクラッド上に少なくとも2種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体をバンドギャップエネルギーが大きい層から順に結晶成長し、該回折格子の凹部に吸収層を形成する工程と、この後、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項18】基板上に該基板と同導電型のInPクラッド層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層、屈折率補償層、該基板と逆導電型のInP保護層の結晶成長を行う工程と、該InP保護層から、該基板と逆導電型のInPクラッド層まで、凹部が達するようにエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と該回折格子を形成した該屈折率補償層及び該InP保護層を含むInPクラッド層上に少なくとも2種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体をバンドギャップエネルギーが大きい層から順に結晶成長し、該回折格子の凹部に吸収層を形成する工程と、この後、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項19】基板上に該基板と同導電型のInPクラッド層、活性層、該基板と逆導電型のInGaAsP導波路層の結晶成長を行う工程と、該導波路層上にエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該導波路層上に少なくとも2種類の異なるバンドギャップエネルギーを有する半導体をバンドギャップエネルギーが大きい層から順に結晶成長し、該回折格子の凹部に吸収層を形成する工程と、この後、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項20】基板上にエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該基板を少なくともフォスフィン(PH₃)とアルシン(AsH₃)を混合した雰囲気中で昇温し、該回折格子の凹部に組成が連続

的に変化しているInAsP層を堆積する工程と、この後、該InP基板の温度が安定した後、該基板と同導電型のInPクラッド層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項21】基板上にエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該基板を少なくともフォスフィン(PH₃)とアルシン(AsH₃)を混合した雰囲気中で昇温し、該回折格子の凹部に組成が連続的に変化しているInAsP層を堆積する工程と、この後、該InP基板の温度が安定した後、InGaAsP導波路層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項22】基板上に屈折率補償層及び該基板と同導電型のInP保護層を連続して結晶成長し、該InP保護層から、該InP基板まで、凹部が達するようにエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該InP基板を少なくともフォスフィン(PH₃)とアルシン(AsH₃)を混合した雰囲気中で昇温し、該回折格子の凹部に組成が連続的に変化しているInAsP層を堆積する工程と、この後、該InP基板の温度が安定した後、該基板と同導電型のInPクラッド層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項23】基板上に屈折率補償層及びInP保護層を連続して結晶成長する工程と該InP保護層から、該InP基板まで、凹部が達するようにエッチングにより凹凸状の回折格子を形成する工程と、該回折格子を形成した該InP基板を少なくともフォスフィン(PH₃)とアルシン(AsH₃)を混合した雰囲気中で昇温し、該回折格子の凹部に組成が連続的に変化しているInAsP層を堆積する工程と、この後、該InP基板の温度が安定した後、InGaAsP導波路層、活性層、該基板と逆導電型のInPクラッド層の結晶成長を連続して行う工程を含む半導体分布帰還型レーザ装置の製造方法。

【請求項24】前記吸収層が前記活性層から放出されるレーザ光のエネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する少なくとも2種類の組成の異なるIn(x)Ga(1-x)As(y)P(1-y)である特徴とする請求項10～19のいずれかに記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【請求項25】前記活性層を結晶成長する前後にInGaAsP導波路層を結晶成長することを特徴とする請求項10～19のいずれかに記載の半導体分布帰還型レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は特に光通信の光源に適した半導体レーザ装置およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体分布帰還型レーザは単一波長でレーザ発振する特徴を有しており、高速応答性に優れ、低雑音であるため、光通信の光源として広く用いられている。この半導体分布帰還型レーザにおいて光分布帰還を生じさせる方法としては2つの方法がコゲルニック他により、理論的に示されている（"Coupled-Wave Theory of Distributed Feedback Lasers", Journal of Applied Physics, vol.43, p2327, 1972）。その一つは半導体レーザの共振器方向に屈折率の周期的変動を設け、その周期に対応した波長（ブラッグ波長近傍）でレーザ発振を得る屈折率結合方式であり、作製が比較的に容易なことから、従来から多くの実施例が報告されてきた。しかしながら、この方法では理論的にブラッグ波長をはさむ二つの発振モードのうちどちらかで発振し、また、その両方で発振する確率が非常に高い。

【0003】一方、もう一つの方法は半導体レーザの共振器方向に利得の周期的変動を設け、その周期に対応した波長（ブラッグ波長）でレーザ発振を得る利得結合方式であり、この方法では、理論的にブラッグ波長でのみ発振するため、単一波長のレーザ発振が得られる確率が非常に高い。ところがこの構造は、作製が困難であることから良好な特性を有するレーザは理論が示されてから長く実現されていなかった。

【0004】しかしながら最近、半導体レーザの共振器方向に吸収層を周期的に設けることにより、利得の周期的変動を生じさせ、良好な特性を有するレーザを実現する方法が提案された（"Long-Wavelength InGaAsP/InP Distributed Feedback Lasers Incorporating Gain-Coupled Mechanism", Photonics Technology Letters, vol.4, p212, 1992）。図12にその構成を示す。

【0005】n型InP基板101とn型InPクラッド層102の間にn型InGaAsP吸収層103が共振器方向に対して周期的に埋め込まれており、その上部にn型InGaAsP光導波路層104、活性層105、p型InGaAsP光導波路層106、p型InPクラッド層107が形成されている。このn型InGaAsP吸収層103のバンドギャップエネルギーは活性層105からの発光エネルギーよりも小さく設定されている。このため、n型InGaAsP吸収層102は周期的に活性層105からの発光を吸収し、利得の周期的変動を生みだし、高い確率で単一波長のレーザ発振が得られている（特開平1-106489号公報、特開平4-155986号公報、特開平4-155987号公報、特開平5-29705号公報、特開平7-231137号公報参照）。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】図12の従来例において、InGaAsP吸収層23のバンドギャップエネルギーが非常に小さい場合は吸収飽和が生じにくく、前述した利得結合の効果容易に得ることが可能であるが、吸収損失も大きくなるため、しきい値電流の増大、発光効率の低

下が生じる。

【0007】一方、バンドギャップエネルギーが比較的大きく、活性層29からの発光エネルギーに近く設定されている場合は、吸収損失が小さく、しきい値電流の増大、発光効率の低下などの問題は起こりにくいが、吸収飽和が生じやすく、前述した利得結合の効果が得られにくくなる。

【0008】本発明は以上の問題に鑑みてなされたものであって、低しきい値電流、高スロープ効率特性を有しかつ利得結合の効果が十分得られる分布帰還型半導体レーザ装置を提供するものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記した課題は、図1に示す様に、レーザ光を発生する活性層の近傍に設けられた、レーザ光のエネルギーよりも小さいバンドギャップエネルギーを有する周期的な吸収層のバンドギャップエネルギーを層方向に対して垂直方向に分布を持たせ、吸収層のバンドギャップエネルギーを活性層側から離れるに従い小さくすることにより解決する。

【0010】図10は本発明の原理を説明するエネルギーバンド図である。活性層31から放射されるレーザ光32の光強度分布30は活性層31に最大強度を持つように分布しており、クラッド層36にも一部広がっている。このクラッド層36に広がった光を吸収層33が周期的に吸収することにより、利得に周期的変動を与えている。吸収層33における光強度は活性層に近いほど強く、活性層から離れるに従い、弱くなっている。

【0011】本発明では光強度が強い活性層31側の吸収層33のバンドギャップエネルギーを大きくしており、活性層31から離れるに従い、バンドギャップエネルギーを小さくしている。吸収層33における光吸収は光強度が強い活性層31側において主に生じ、電子34-正孔35対が生成される。この電子34-正孔35対はエネルギーの低い方向、すなわち、活性層から離れる方向に移動し、再結合する。このため、吸収層33の活性層31側においては、生成した電子34-正孔35対が存在する確率が非常に低くなり、吸収飽和が生じにくくなる。

【0012】また、光強度が強い活性層31側における吸収層33のバンドギャップエネルギーを比較的大きく設定可能であるため、吸収損失を小さくすることが可能である。これにより、低しきい値電流、高スロープ効率特性を有しかつ利得結合の効果が十分得られる分布帰還型半導体レーザ装置が実現可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図1から図9及び図11を用いて説明する。

【0014】（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1の半導体分布帰還型レーザ装置を示す図である。図1(a)は正面から見た断面図であり、図1(b)は破線A-A'における共振器方向の断面図である。内部構造がわかる

ように一部を切り欠いてある。

【0015】本発明の半導体分布帰還型レーザは発振波長が $1.3\mu\text{m}$ 近傍になるように設定されている。本発明の半導体分布帰還型レーザはn型InP基板1上にn型InPクラッド層6（厚さ 200nm ）、n型InGaAsP導波路層7（厚さ 50nm 、 $\lambda_q=1.05\mu\text{m}$ ）、多重量子井戸活性層8、p型InGaAsP導波路層9（厚さ 30nm 、 $\lambda_q=1.05\mu\text{m}$ ）がメサ状に形成されており、また、これらの両側はp型InP電流ブロック層11、n型InP電流ブロック層12で埋め込まれており、その上部にはp型InPクラッド層10、p型InGaAsPコンタクト層13（ $\lambda_q=1.3\mu\text{m}$ ）が形成されている。n型InP基板1の裏面にはAu/Sn合金からなるn側電極17が形成され、p型InGaAsPコンタクト層13の上部にはストライプ状の窓を有する SiO_2 絶縁膜14が形成されており、その上部に形成されたAu/Zn合金からなるp側電極15は SiO_2 絶縁膜14のストライプ状の窓を通してp型InGaAsPコンタクト層13に接触している。

【0016】多重量子井戸活性層8は圧縮歪が導入された厚さ 6nm のInGaAsP井戸層と意図的に歪は導入されていない厚さ 10nm のInGaAsP障壁層（ $\lambda_q=1.05\mu\text{m}$ ）の10対から構成されている。更にn型InP基板1とn型InPクラッド層6の間に吸収層3,4,5がレーザ共振器方向に 203nm のピッチで形成されている。

【0017】さらに、吸収層は組成の異なる3層のInGaAsPからなり、InP基板1側から、第1の吸収層3（ $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ ）、第2の吸収層4（ $\lambda_q=1.40\mu\text{m}$ ）、第3の吸収層5（ $\lambda_q=1.35\mu\text{m}$ ）の層がそれぞれ 20nm づつ積層されている。吸収層を構成するInGaAsPはすべてInPに格子整合している。第3の吸収層5の上には、InP層5aが形成されているが、この層5aはなくてもよい。

【0018】このような構成にすることにより、光強度は第3の吸収層5である $\lambda_q=1.35\mu\text{m}$ のInGaAsP層の部分で強く分布し、電子-正孔対を生成する。生成された電子-正孔対はエネルギーの低い第1の吸収層3である $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ のInGaAsP層に移動し、再結合する。この場合、吸収層が $\lambda_q=1.35\mu\text{m}$ のInGaAsP層のみで形成されている場合と比較して、吸収飽和が生じにくく、 $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ のInGaAsP層のみで形成されている場合と比較して、吸収損失が小さい。

【0019】なお、本実施の形態1では吸収層は $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ 、 $1.40\mu\text{m}$ 、 $1.35\mu\text{m}$ のInPに格子整合したInGaAsPを用いているが、吸収層を構成する層は発振波長に対応するエネルギーよりも小さい2種類以上の異なるバンドギャップを有するInGaAsPあるいはInGaAsあるいはInAsPのいずれでも良く、必ずしもInPに格子整合している必要はない。

【0020】（実施の形態2）図2は本発明の実施の形態2の半導体分布帰還型レーザ装置を示す図である。図2(a)は正面から見た断面図であり、図2(b)は破線A-A'における共振器方向の断面図である。本発明の半導体分

布帰還型レーザは発振波長が $1.3\mu\text{m}$ 近傍になるように設定されている。

【0021】図1に示す実施の形態1と異なる点は吸収層3,4,5がn型InPを介さずに直接n型InGaAsP導波路層7（厚さ 50nm 、 $\lambda_q=1.05\mu\text{m}$ ）と接している点である。吸収層3,4,5を含むn型InP基板1にはレーザ共振器方向に 203nm のピッチで凹凸2が形成されており、凸部上に実施の形態1に示した吸収層3,4,5が形成されており、凹部にはn型InGaAsP導波路層7の一部が吸収層3,4,5と隣接して存在している。凹部の深さは 50nm である。

【0022】このような構成にすることにより、吸収層を導入することにより生じる屈折率の周期的変動量をn型InGaAsP導波路層7の一部が補償することになる。

【0023】実施の形態1では導入された吸収層は、その周囲に存在するInPよりも屈折率が高いため、利得の周期的変動をもたらす以外に、屈折率の周期的変動ももたらす。この実施の形態1の場合、利得の周期的変動のみが存在する場合と比較して、単一波長のレーザ発振が得られる確率が低くなる。そこで実施の形態2では、InPよりも屈折率が高いn型InGaAsPが、吸収層に隣接して存在するため、屈折率の周期的変動量が実施の形態1よりも小さくなり、利得と屈折率の周期的変動が同時に存在する場合と比較して高い確率で、単一波長のレーザ発振が得られる。

【0024】（実施の形態3）図3は本発明の実施の形態3の半導体分布帰還型レーザ装置を示す図である。図3(a)は正面から見た断面図であり、図3(b)は破線A-A'における共振器方向の断面図である。本発明の半導体分布帰還型レーザは発振波長が $1.3\mu\text{m}$ 近傍になるように設定されている。

【0025】図1に示す実施の形態1と異なる点は、n型InP基板1にレーザ共振器方向に 203nm のピッチで凹凸2が形成されており、凹部に吸収層3,4,5が形成されている点である。凹部に形成された吸収層3,4,5のレーザ共振器方向の長さは、底部に近づくほど短くなっている。吸収層3,4,5の構成は、実施の形態1と同じであるが、レーザ共振器方向の長さが、 $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ 、 $1.40\mu\text{m}$ 、 $1.35\mu\text{m}$ のInGaAsPについてそれぞれ異なっており、 $\lambda_q=1.35\mu\text{m}$ が最も長く上端で 70nm 、 $\lambda_q=1.40\mu\text{m}$ は 50nm 、 $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ は最も短く 30nm である。

【0026】このような構成にすることにより、 $\lambda_q=1.45\mu\text{m}$ 、 $1.40\mu\text{m}$ 、 $1.35\mu\text{m}$ のInGaAsPのレーザ共振器方向の長さをすべて同じ場合と比較して、吸収層としての効果を損なうことなく吸収損失を小さくすることが可能となる。また、実施の形態1では、吸収層3,4,5の共振器方向の長さは、吸収層3が大きく吸収層5が小さい。しかし、実施の形態3では、吸収層5の長さが大きく、吸収層3の長さが小さい。このようにすることで、吸収の効果を大きくすることができる。

【0027】（実施の形態4）図4は本発明の実施の形

10

20

30

40

50

態4の半導体分布帰還型レーザ装置を示す図である。図4(a)は正面から見た断面図であり、図4(b)は破線A-A'における共振器方向の断面図である。本発明の半導体分布帰還型レーザは発振波長が1.3μm近傍になるように設定されている。

【0028】図3に示す実施の形態3と異なる点は、n型InP基板1にレーザ共振器方向に203nmのピッチで形成された凹凸の凸部にn型InGaAsP18(厚さ50nm、 $\lambda q=1.05\mu m$)からなる屈折率補償層が形成されている点である。

【0028】この様な構成にすることにより、吸収層を3,4,5導入することにより生じる屈折率の周期的変動量を、n型InP基板1の凸部に導入されたn型InGaAsP屈折率補償層18が補償することになる。

【0030】(実施の形態5)図5は本発明の実施の形態5の半導体分布帰還型レーザ装置を示す図である。図5(a)は正面から見た断面図であり、図5(b)は破線A-A'における共振器方向の断面図である。本発明の半導体分布帰還型レーザは発振波長が1.3μm近傍になるように設定されている。

【0031】図3に示す実施の形態3と異なる点は、吸収層19の材料が、InAs(y)P(1-y)であり、組成比yが膜厚方向に滑らかに変化している点である。組成比yは最上部が0.5であり、底部に近づくにつれてyは増加してゆき、最下部では0.7である。

【0032】この様な構成にすることにより、吸収層のバンドギャップは、基板側から活性層側へいくにしたがってだんだん大きくなるとともに滑らかに変化し、吸収層内におけるキャリアの移動が、散乱を伴うことなく行われる。

【0033】(実施の形態6)図6は本発明の実施の形態6の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図である。図6(a)-(c)は共振器方向における断面図であり、図6(d)は出射方向からみたときの断面図である。

【0034】図6(a)に示すようにn型InP基板1上にピッチが203nmで深さが約100nmの凹凸状の回折格子2を2光束干渉露光法及びエッチングにより形成する。

【0035】次に図6(b)に示すように回折格子2の凹部にInPに格子整合した第1のInGaAsP吸収層3(厚さ20nm、 $\lambda q=1.45\mu m$)、第2のInGaAsP吸収層4(厚さ20nm、 $\lambda q=1.40\mu m$)、第3のInGaAsP吸収層5(厚さ20nm、 $\lambda q=1.35\mu m$)を有機金属気相成長法により順次結晶成長する。

【0036】その後、図6(c)に示す様に続けて有機金属気相成長法によりn型InPクラッド層6(厚さ200nm)、n型InGaAsP導波路層7(厚さ50nm、 $\lambda q=1.05\mu m$)、圧縮歪が導入された厚さ6nmのInGaAsP井戸層と意図的に歪は導入されていない厚さ10nmのInGaAsP障壁層($\lambda q=1.05\mu m$)の10対から構成されている多重量子井戸活性層8、p型

InGaAsP導波路層9(厚さ30nm、 $\lambda q=1.05\mu m$)、p型InPクラッド層10(厚さ400nm)、p型InGaAsPキャップ層20($\lambda q=1.3\mu m$)を順次堆積する。この後、ストライプ状のメサをエッチングにより形成する。

【0037】次に液相成長法により、p型InP電流ブロック層11、n型InP電流ブロック層12、p型InP埋め込み層21、p型InGaAsPコンタクト層13($\lambda q=1.3\mu m$)を順次堆積した後、SiO₂絶縁膜14を堆積し、ストライプ状に窓を開け、Au/Zn電極15を蒸着する。

10 【0038】更にその上部にTi/Au電極16を蒸着により形成する。また、n型InP基板1の裏面にAu/Sn電極17を蒸着する。へき開の後、図6(d)に示す様に示すような半導体分布帰還型レーザ装置を作製する。

【0039】以上の作製方法を用いることにより、吸収層3,4,5をエッチングすることなく、周期的な吸収層を形成することが可能であるので、作製が容易であるとともに、再現性もよく、歩留まりもよい。

20 【0040】(実施の形態7)図7は本発明の実施の形態7の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図である。図7(a)-(c)は共振器方向における断面図であり、図7(d)は出射方向からの断面図である。

【0041】図7(a)に示すようにn型InP基板1上にピッチが203nmで深さが約100nmの凹凸状の回折格子2を2光束干渉露光法及びエッチングにより形成する。この回折格子を形成したn型InP基板1を100%フォスフィン(PH₃)100cc/minと10%アルシン(AsH₃)10cc/minを混合した水素雰囲気中に導入し、基板温度を600℃まで昇温することにより図7(b)に示すように回折格子2の凹部に約50nmのInAsP吸収層19を形成する。

30 【0042】次に、基板温度が600℃で安定した後、図7(c)に示す様に続けて有機金属気相成長法により、n型InGaAsP導波路層7(厚さ150nm、 $\lambda q=1.05\mu m$)、圧縮歪が導入された厚さ6nmのInGaAsP井戸層と意図的に歪は導入されていない厚さ10nmのInGaAsP障壁層($\lambda q=1.05\mu m$)の10対から構成されている多重量子井戸活性層8、p型InGaAsP導波路層9(厚さ30nm、 $\lambda q=1.05\mu m$)、p型InPクラッド層10(厚さ400nm)15、p型InGaAsPキャップ層20($\lambda q=1.3\mu m$)16を順次堆積する。

40 【0043】次に液相成長法により、p型InP電流ブロック層11、n型InP電流ブロック層12、p型InP埋め込み層21、p型InGaAsPコンタクト層13($\lambda q=1.3\mu m$)を順次堆積した後、SiO₂絶縁膜14を堆積し、ストライプ状に窓を開け、Au/Zn電極15を蒸着する。

50 【0044】更にその上部にTi/Au電極16を蒸着により形成する。また、n型InP基板1の裏面にAu/Sn電極17を蒸着する。へき開の後、図7(d)に示す様に示すような半導体分布帰還型レーザ装置を作製する。

【0045】本作製方法において、フォスフィンとアルシンの混合雰囲気中で回折格子2を形成したInP基板1を昇温する際に、図11(a)に示すように、凹凸状のInP基

板1の凸部のInがマストランSPORTし、フォスフィンとアルシンから分解したAsとPからInAsPがInP基板の凹部に形成される。

【0046】この説明を図11(b)を用いて行う。図11(b)の横軸は基板温度、縦軸の上方向はアルシン、フォスフィンの分解効率、縦軸の下方向は、吸収層であるInAsP層中のAsの比率 y である。この場合、図11(b)に示すように、低温時にはフォスフィンの分解効率がアルシンと比較して低いため、Asの組成比 y が大きなInAs(y)P($1-y$)が形成される。基板温度の上昇に伴い、フォスフィンの分解効率が高くなり、形成されるInAs(y)P($1-y$) Asの組成比 y が低下してゆく。

【0047】図11(c)はエネルギー分散分光法により形成したInAs(y)P($1-y$)As吸収層のAsの組成比 y を評価した結果である。吸収層の下部では y は0.7であり、中央部では0.5であり、上部では0.4となっており、Asの組成比 y が膜厚方向に連続的に減少していることがわかる。なお、 y が0.4より大きなInAs(y)P($1-y$) Asは1.3 μ mの光に対して吸収層として作用する。

【0048】本作製方法を用いることにより、バンドギャップエネルギーが活性層側から離れるに従い小さくなる吸収層を非常に容易に作製可能である。

【0049】(実施の形態8) 図8は本発明の実施の形態8の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図である。図8(a)-(c)は共振器方向における断面図であり、図8(d)は出射方向からの断面図である。

【0050】実施の形態7の作製方法と異なる点は、図8(b)に示す様にInAsP吸収層19を形成し、基板温度が600°Cで安定した後、図8(c)に示す様に有機金属気相成長法により、n型InP層6(厚さ200nm)を堆積し、次にn型InGaAsP導波路層7(厚さ50nm, $\lambda q=1.05\mu$ m)を堆積する点である。これ以外は実施の形態7と同じである。

【0051】本作製方法の特徴はInAsP吸収層19上にInGaAsP層7ではなくInP層6を堆積する点である。InAsPの格子定数はInPの格子定数と比較して大きく、本実施の形態では1%以上の圧縮歪が導入されていることになる。この様に圧縮歪が導入された層の上にInGaAsPの様な4元系材料を堆積した場合、InAsPの圧縮歪の影響を受け、その上のInGaAsPに歪が導入される。この歪が大きい場合にはその後堆積する多重量子井戸活性層8の結晶性を損なう。

【0052】一方InPの様な2元系材料を堆積する場合は、4元系材料を堆積する場合と比較してInAsPの圧縮歪の影響を受けにくく、その後堆積する多重量子井戸活性層8の結晶性を損なうことはない。

【0053】(実施の形態9) 図9は本発明の実施の形態9の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図である。図9(a)-(d)は共振器方向における断面図であり、図9(e)は出射方向からの断面図である。図9(a)に示すようにn型InP基板1上にn型InGaAsP屈折率補償

層18(厚さ50nm, $\lambda q=1.05\mu$ m)及びn型InP保護層21を有機金属気相成長法により堆積する。

【0054】次に図9(b)に示す様にn型InP保護層21から、n型InP基板1まで、凹部が連なるように2光束干渉露光法及びエッチングにより凹凸状の回折格子2を形成する。この回折格子を形成したn型InP基板1を100%フォスフィン(PH3)100cc/minと10%アルシン(AsH3)10cc/minを混合した水素雰囲気中に導入し、基板温度を600°Cまで昇温することにより図9(c)に示すように回折格子2の凹部に約50nmのInAsP吸収層19を形成する。この時、屈折率補償層18上部のn型InP保護層21はInAsP吸収層の形成に消費される。これ以降は本発明の実施の形態8と同様である。

【0055】本作製方法の特徴は、屈折率補償層18を容易に導入可能であり、更に、InAsP吸収層19の層厚の制御が、n型InP保護層21の層厚により可能であり、精密は制御を行うことが可能である。

【0056】なお、本実施の形態1、2、3、4、6では吸収層は $\lambda q=1.45\mu$ m, 1.40 μ m, 1.35 μ mのInPに格子整合したInGaAsPを用いているが、吸収層を構成する層は発振波長に対応するエネルギーよりも小さい2種類以上の異なるバンドギャップを有するInGaAsPあるいはInGaAsあるいはInAsPのいずれでも良く、必ずしもInPに格子整合している必要はない。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の半導体分布帰還型レーザ装置は単一波長で発振する確率が高い利得結合型分布帰還型レーザであり、その周期的な吸収層のバンドギャップエネルギーがInP基板に対して垂直方向に分布を持ち、吸収層のバンドギャップエネルギーが活性層側から離れるに従い小さくすることにより、吸収飽和が生じにくく、かつ吸収損失を小さくすることが可能となる。

【0058】これにより、しきい値電流が低く、発光効率が高い利得結合型分布帰還型レーザ装置が実現可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1の半導体分布帰還型レーザ装置を示す斜視図

【図2】本発明の実施の形態2の半導体分布帰還型レーザ装置を示す斜視図

【図3】本発明の実施の形態3の半導体分布帰還型レーザ装置を示す斜視図

【図4】本発明の実施の形態4の半導体分布帰還型レーザ装置を示す斜視図

【図5】本発明の実施の形態5の半導体分布帰還型レーザ装置を示す斜視図

【図6】本発明の実施の形態6の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図

【図7】本発明の実施の形態7の半導体分布帰還型レー

13

ザ装置の作製方法を説明する図

【図8】本発明の実施の形態8の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図

【図9】本発明の実施の形態9の半導体分布帰還型レーザ装置の作製方法を説明する図

【図10】本発明の原理を説明する図

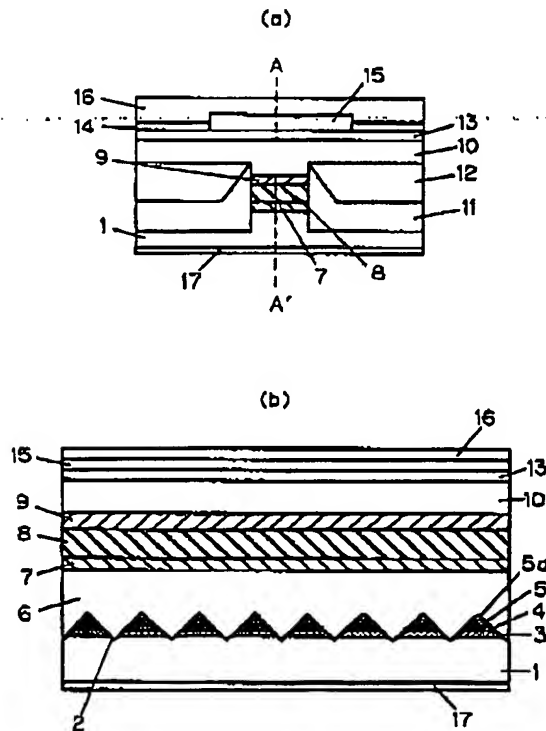
【図11】本発明の形態6におけるInAsP吸収層の作製方法及びInAsP吸収層の組成分布を説明する図

【図12】従来例の構造を説明する図

【符号の説明】

- 1 n型InP基板
- 2 凹凸状の回折格子
- 3 第1のInGaAsP吸収層 ($\lambda_g = 145 \mu m$)
- 4 第2のInGaAsP吸収層 ($\lambda_g = 140 \mu m$)
- 5 第3のInGaAsP吸収層 ($\lambda_g = 135 \mu m$)
- 6 n型InPクラッド層
- 7 n型InGaAsP導波路層
- 8 多重量子井戸活性層
- 9 p型InGaAsP導波路層
- 10 p型InPクラッド層
- 11 p型InP電流ブロック層
- 12 n型InP電流ブロック層
- 13 p型InGaAsPコンタクト層

【図1】



14

* 14 SiO₂絶縁膜

15 Au/Zn合金からなるp側電極

16 Ti/Au電極

17 Au/Sn合金からなるn側電極

18 n型InGaAsP屈折率補償層

19 InAs(y)P(1-y)吸収層

20 p型InGaAsPキャップ層

21 p型InP埋め込み層

22 n型InP保護層

10 30 活性層から放射されるレーザ光の光強度分布

31 活性層

32 活性層から放射されるレーザ光

33 吸収層

34 電子

35 正孔

101 n型InP基板

102 n型InPクラッド層

103 n型InGaAsP吸収層

104 n型InGaAsP光導波路層

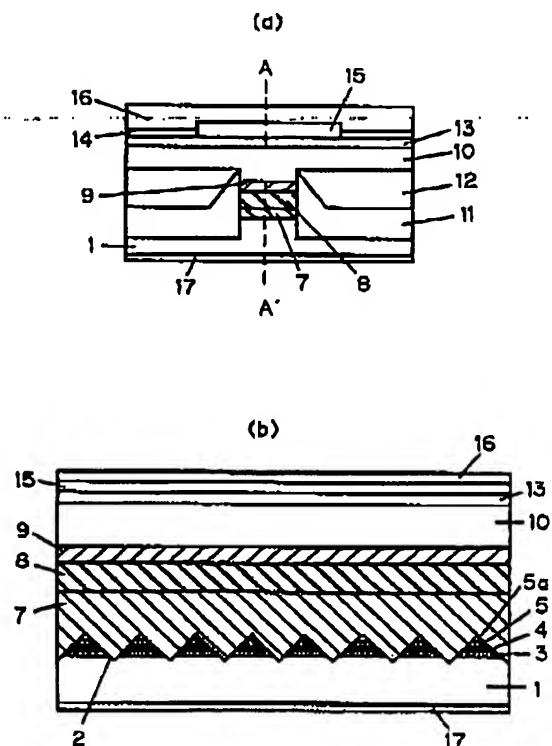
20 105 活性層

106 p型InGaAsP光導波路層

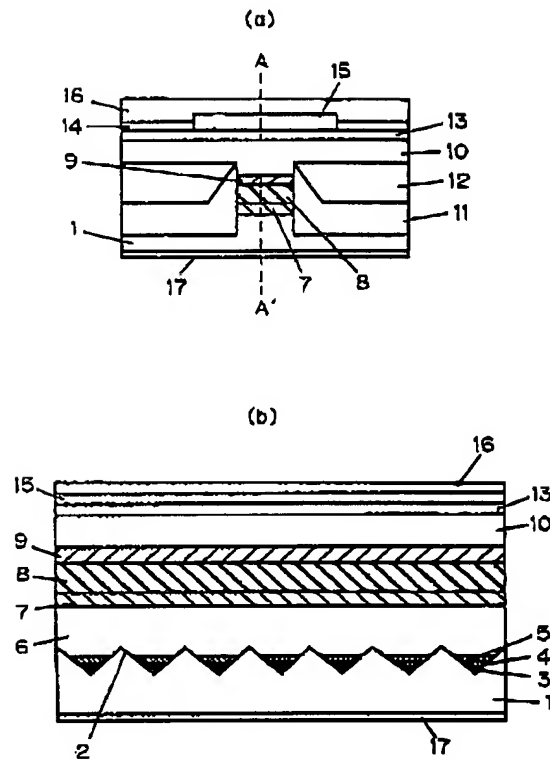
107 p型InPクラッド層

*

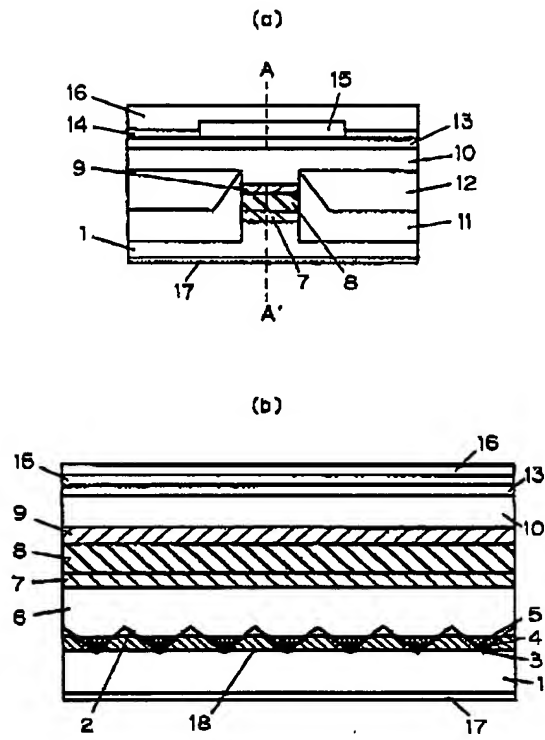
【図2】



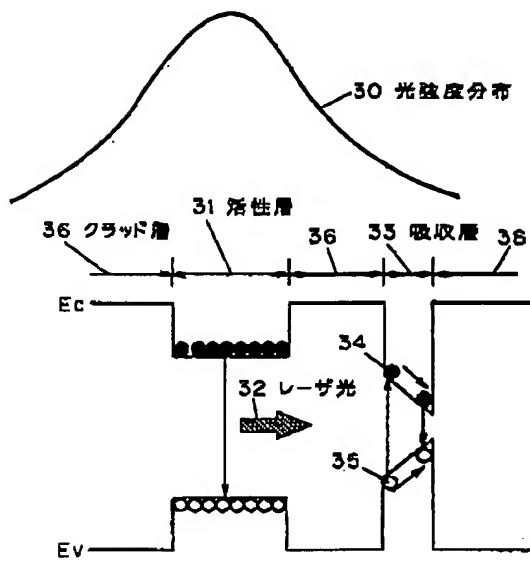
【図9】



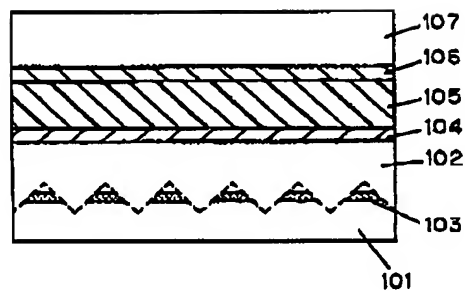
【図4】



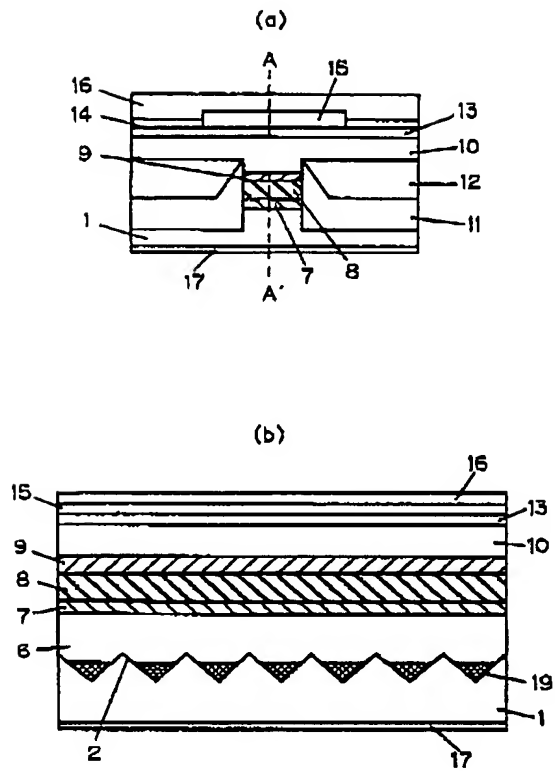
【図10】



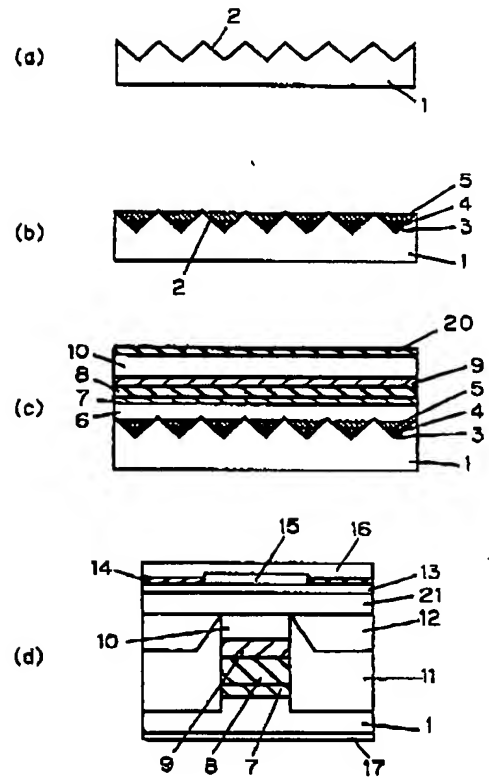
【図12】



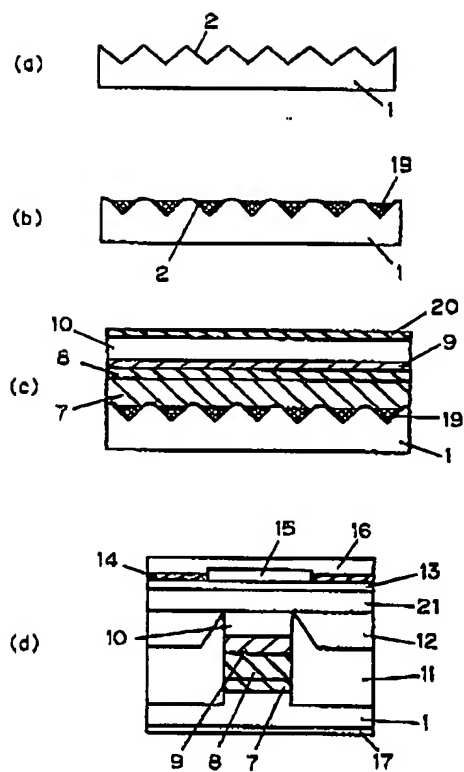
【図5】



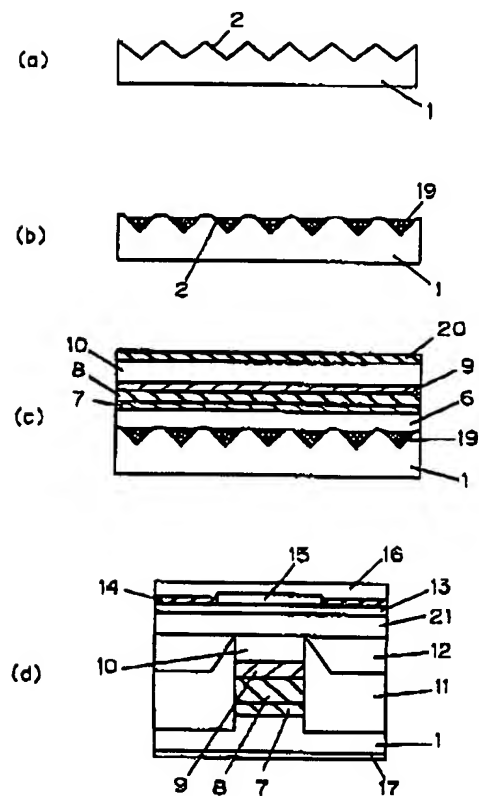
【図6】



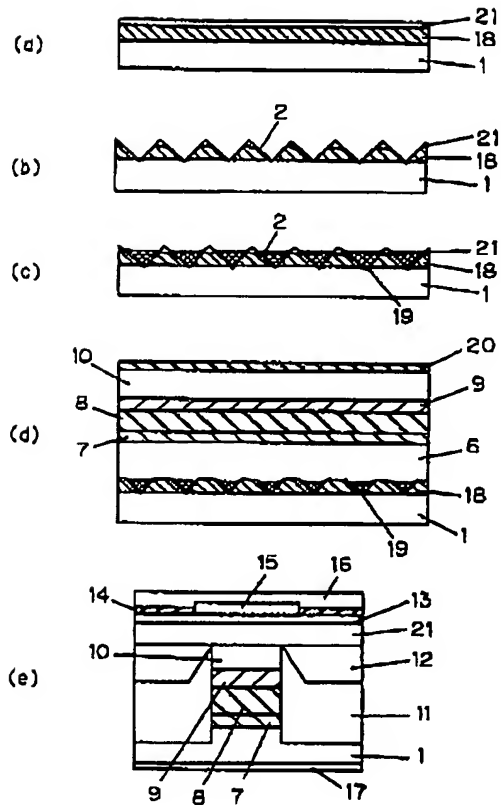
【図7】



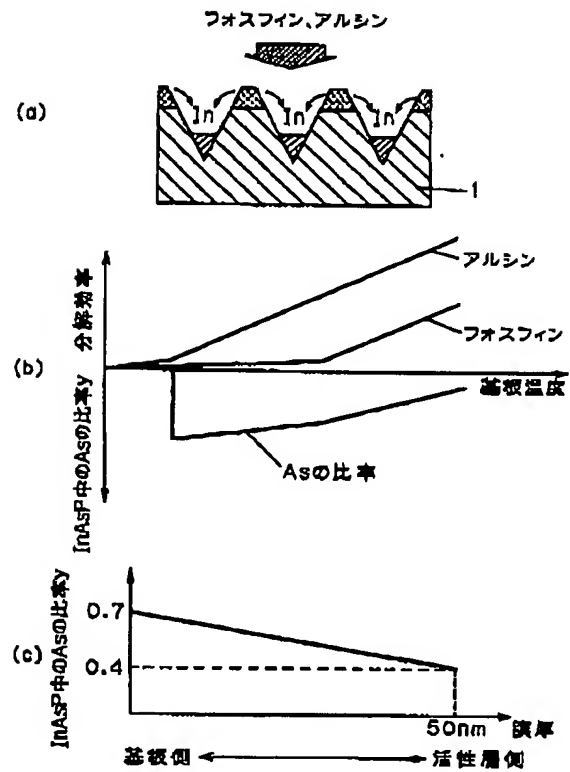
【図8】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 松井 廣
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.